

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **170 655** (13) U1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
[B21B 1/16 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: прекратил действие, но может быть восстановлен (последнее изменение статуса:
27.02.2018)
Пошлина: учтена за 1 год с 04.03.2016 по 04.03.2017

(21)(22) Заявка: [2016108073](#), 04.03.2016(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.03.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 04.03.2016

(45) Опубликовано: [03.05.2017](#) Бюл. № [13](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2351411 C1, 10.04.2009. SU
791437 A, 23.12.1980. RU 5743 U1,
16.01.1998. JPS 61193702 A, 28.08.1986.

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
УрФУ, центр интеллектуальной
собственности, Маркс Татьяна
Владимировне

(72) Автор(ы):

Логинов Юрий Николаевич (RU),
Постыляков Александр Юрьевич (RU),
Инатович Юрий Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина" (RU)

(54) ЗАГОТОВКА ДЛЯ ПРОКАТКИ КРУГЛОГО СОРТОВОГО ПРОФИЛЯ

(57) Реферат:

Техническое решение относится к области производства круглых профилей методом сортовой прокатки.

Заготовка для прокатки круглого сортового профиля, имеющая в поперечном сечении контур овала, симметричного относительно ортогональных осей и образованного криволинейными образующими, состоящими из трех зон: центральной, периферийной и промежуточной, отличающаяся тем, что центральная зона образована контуром эллипса, имеющего малую полуось

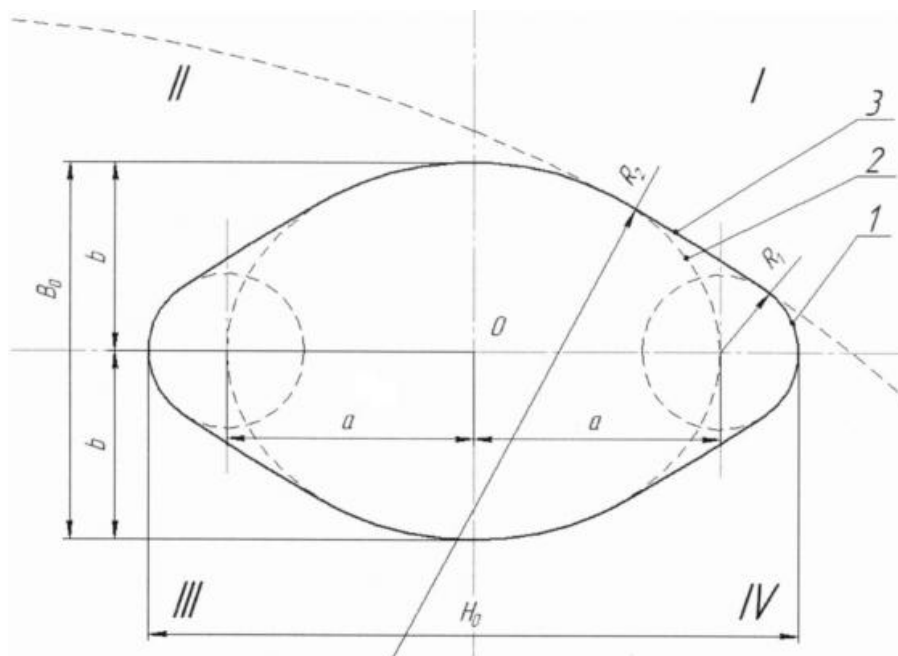
$$b = \frac{B_0}{2}$$

высота овала, и большую полуось

$$a = \frac{H_0}{2} - R_1$$

0,375)R_к - радиус дуги окружности периферийной зоны с центром кривизны, расположенным на длинной оси овала, промежуточная зона соединяет центральную и периферийную зоны дугой окружности радиусом R₂=(5,00-6,25)R_к, где R_к - радиус круглого сортового профиля.

Технический результат от применения заявляемого объекта заключается в снижении усилия прокатки и экономии энергетических затрат.



Фиг.1

Техническое решение относится к области производства круглых профилей методом сортовой прокатки.

Прокат круглого сечения, например, прутки или катанку, производят методом деформации заготовки в калибрах.

Система вытяжных калибров, как правило, предусматривает чередование условно простых геометрических форм, так в системе вытяжных калибров [1] предусматривается наличие чередующихся плоского овального калибра с отношением высоты к ширине 0,4-0,5, и ромбического овального калибра с отношением ширины к высоте 0,8-0,9. При этом ширина ромбического овального калибра на расстоянии от его вершины, равном 0,05-0,09 его полной высоты, и высота плоского овального калибра на этом же расстоянии от его края, равны 0,4-0,5 полной ширины ромбического овального калибра. Недостатком такой калибровки является отсутствие возможности получения круглого профиля.

По ходу прокатки для получения профиля круглого поперечного сечения применяют профиль некруглого сечения, имеющий форму, например, овала [2, 3]. Это позволяет, укорачивая за счет обжатия вальками длинную ось овала и используя эффект уширения, привести профиль к форме круга. Таким образом, известным является факт применения в качестве заготовки для получения круглого сортового профиля прутка, имеющего в поперечном сечении овал. По такой схеме получают, например, медную катанку электротехнического назначения [4-6].

Из уровня техники известно, что овальная заготовка для прокатки из нее круглой заготовки может иметь модификации. К этим модификациям относятся соотношения длинной и короткой осей овалов [7], а также форма этих овалов. Изобретением [8] предусмотрено применение для получения круглой стали овальной заготовки с криволинейным участком в средней части, описанным радиусом R_k , соответствующим круглому профилю. Для повышения устойчивости заготовки и точности размеров проката криволинейный участок выполнен с длиной хорды $(1,4-1,8) R_k$ и сопряжен с дополнительно выполненными прямолинейными симметрично расположенными участками, наклоненными под углом 10-20° к горизонтальной оси калибра и с общей шириной, равной $(2,2-2,4) R_k$. Такое исполнение заготовки приводит к немонотонности выполнения ее контура поперечного сечения, он выполняется с уступами. Из практики прокатки известно, что такой негладкий контур приводит к опасности появления зажимов. Таким образом, недостатком такого технического решения является опасность появления дефектов в готовом прокате.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков является профиль овала, полученного при прокатке на мелкосортном стане, приведенный в описании к патенту [9].

В описании к патенту описана заготовка для прокатки круглого сортового профиля, имеющая в поперечном сечении контур овала, симметричного относительно ортогональных осей и образованного криволинейными образующими, состоящими из трех зон: центральной, периферийной и промежуточной,

Заготовка овального сечения получается за счет прокатки в овальном калибре мелкосортного стана. Овальный калибр в системе калибров овал-круг выполнен с заданным соотношением его ширины B к расчетной высоте H и симметрично относительно горизонтальной и вертикальной его осей с образующей поперечного

сечения калибра, содержащей на середине прямолинейный участок длиной B_n и два криволинейных участка, образованных каждый двумя радиусами R и $r < R$. Улучшение устойчивости раската в калибрах рабочих клетей мелкосортного стана и, как следствие, повышение точности размеров проката обеспечивается за счет того, что величина $r = 0,5R_k$, где R_k - радиус последующего круглого калибра,

$$R = 0,08 \cdot e^{0,33 \cdot \beta / \pi} \left(1 + \frac{B_n^2}{H^2}\right) H$$

на расстоянии $\pi\beta/180$ от горизонтальной оси калибра по его образующей, где $\beta = 33^\circ \dots 58^\circ$, величина $B_n = 2R \sin \alpha$, где α - угол между вертикальной осью калибра и радиусом R с концом в точке пересечения прямолинейного участка с дугой радиуса R , равный $11^\circ \dots 29^\circ$; длина прямолинейного участка B_n может составлять $(0,35 \dots 0,56)B$.

Из этого описания видно, что результатом формоизменения в описанном калибре является получение заготовки для прокатки круглого сортового профиля, имеющей в поперечном сечении контур овала, симметричного относительно ортогональных осей и образованного криволинейными образующими, состоящими из трех зон: центральной, периферийной и промежуточной. При применении такой заготовки достигается повышение качества круглых сортовых профилей за счет повышения точности размеров. Однако здесь не решена другая техническая задача: уменьшения усилия прокатки, что является недостатком упомянутого технического решения. Вместе с тем, проблема снижения энергозатрат при сортовой прокатке является актуальной задачей [10].

Для решения этой задачи предлагается заготовка для прокатки круглого сортового профиля, имеющая в поперечном сечении контур овала, симметричного относительно ортогональных осей и образованного криволинейными образующими, состоящими из центральной, периферийной и промежуточной зон. Заготовка отличается тем, что центральная зона образована контуром эллипса, имеющего малую полуось

$$b = \frac{B_0}{2},$$

где B_0 - высота овала, и большую полуось $a = \frac{H_0}{2} - R_1$, где H_0 - ширина овала, $R_1 =$

$(0,250-0,375)R_k$ - радиус дуги окружности периферийной зоны с центром кривизны, расположенным на длинной оси овала, промежуточная зона соединяет центральную и периферийную зоны дугой окружности радиусом $R_2 = (5,00-6,25)R_k$, где R_k - радиус круглого сортового профиля.

Сущность предложения состоит в том, чтобы создать такую форму заготовки, при которой усилие деформации при прокатке круглого профиля оказалось величиной минимальной. Для этого процесс прокатки моделировали с помощью постановки задачи методом конечных элементов и от одной постановки к другой изменяли форму заготовки за счет варьирования величин R_1 и R_2 . В результате получали картину напряженно-деформированного состояния и отслеживали энергосиловые параметры процесса, включая усилие прокатки.

На фиг. 1 показана форма поперечного сечения заготовки с указанием параметров, описывающих эту форму. На фиг. 2 приведен пример постановки и решения задачи прокатки овальной полосы в круглом калибре. На фиг. 3 показана зависимость усилия прокатки от параметра R_1/R_k , а на фиг. 4 - от параметра R_2/R_k .

Ниже приведено описание геометрии предлагаемого профиля заготовки (фиг. 1). Контур измененной заготовки образуется (на примере I-го квадранта, ввиду наличия у измененной заготовки центральной симметрии) элементами трех сопряженных геометрических объектов (в порядке построения): окружности 1, эллипса 2 и окружности 3. Центр окружности 1 радиусом R_1 расположен на горизонтальной оси симметрии на расстоянии a от точки пересечения осей O . Центр эллипса 2 совпадает с точкой пересечения осей. Большая полуось эллипса 2 равна a , малая полуось равна b . Окружность 1 и эллипс 2 сопрягаются между собой посредством дуги окружности 3 радиусом R_2 , центр которой находится в III-ем квадранте. Его положение определяется значением радиуса R_2 при условии гладкого сопряжения объектов 1 и 2. Определяющими параметрами в общем случае являются H_0 , B_0 , R_1 , R_2 . Производные параметры находятся по формулам

$$a = \frac{H_0}{2} - R_1, \quad b = \frac{B_0}{2}.$$

Исследование распределения деформации и ее неоднородности при использовании измененной заготовки в последнем чистовом круглом калибре осуществляется проведением вычислительного эксперимента с использованием конечно-элементного моделирования процесса в программном комплексе DEFORM. При этом фиксируется исходная высота ($H_0 = 12,50$ мм) и площадь поперечного сечения измененной заготовки ($\omega_0 = 64,40$ мм²). Определяющими параметрами являются величины радиусов R_1 (диапазон варьирования 1,00-2,25 мм с шагом 0,25 мм) и R_2 (диапазон варьирования 10-30 мм с шагом 5 мм).

Ширина измененной заготовки B_0 для каждой совокупности определяющих параметров находится исходя из условия постоянства площади поперечного сечения и, таким образом, является производным параметром. Изменение профиля заготовки отображено на фиг. 2 (один из валков условно не показан). Размеры измененной заготовки, круглого профиля в виде катанки и соответствующие коэффициенты деформации приведены в табл. 1. В ней введены следующие обозначения: ω_1 - площадь поперечного сечения после прокатки, $1/\eta$, β , λ - соответственно коэффициенты высотной деформации, уширения и вытяжки. В дальнейших примерах принято $R_k=4$ мм, что соответствует номинальному диаметру круглого профиля 8 мм.

Таблица 1

Геометрические параметры прокатки

№ п/п	Размеры заготовки под прокатку					Размеры круглого профиля			Коэффициенты деформации		
	H_0 , мм	ω_0 , мм ²	R_1 , мм	R_2 , мм	B_0 , мм	H_1 , мм	B_1 , мм	ω_1 , мм ²	$\frac{1}{\eta}$	β	λ
1	12,50	64,40	1,00	10	7,16	8,10	7,94	51,12	1,543	1,109	1,260
2				15	7,21		7,95	51,16		1,102	1,259
3				20	7,23		7,95	51,17		1,100	1,259
4				25	7,24		7,95	51,19		1,099	1,258
5				30	7,24		7,96	51,19		1,099	1,258
6			1,25	10	7,17		7,98	51,18		1,114	1,258
7				15	7,25		8,01	51,33		1,105	1,255
8				20	7,27		8,02	51,36		1,102	1,254
9				25	7,29		8,02	51,38		1,101	1,253
10				30	7,29		8,02	52,20		1,100	1,234
11			1,50	10	7,09		7,98	51,06		1,125	1,261
12				15	7,22		8,05	51,23		1,114	1,257
13				20	7,26		8,07	51,33		1,112	1,255
14				25	7,28		8,08	51,34		1,109	1,254
15				30	7,29		8,08	51,37		1,109	1,254
16			1,75	10	6,97		7,96	50,92		1,142	1,265
17				15	7,14		8,06	51,10		1,129	1,260
18				20	7,19		8,09	51,13		1,126	1,260
19				25	7,21		8,10	51,16		1,124	1,259
20				30	7,23		8,12	51,19		1,123	1,258
21			2,00	10	6,77		7,88	50,74		1,164	1,269
22				15	6,97		8,02	50,87		1,150	1,266
23				20	7,04		8,07	50,91		1,147	1,265
24				25	7,07		8,09	50,94		1,444	1,264
25				30	7,09		8,11	50,94		1,144	1,264
26			2,25	10	-		-	-		-	-
27				15	6,72		7,92	50,56		1,178	1,274
28				20	6,80		7,98	50,62		1,174	1,272
29				25	6,84		8,01	50,62		1,171	1,272
30				30	6,86		8,03	50,64		1,171	1,272
31			-	-	6,46		7,75	50,45		1,200	1,276

Таблица 2

Значения энергосиловых параметров и коэффициента плеча при прокатке измененной заготовки

№ п/п	R_1 , мм	R_2 , мм	P , кН	M , кН*м	ψ
1	1,00	10	18,84	0,2866	0,73
2		15	18,52	0,2802	0,73
3		20	18,02	0,2756	0,74
4		25	18,30	0,2762	0,73
5		30	18,40	0,2770	0,73
6	1,25	10	19,22	0,2854	0,72
7		15	18,32	0,2746	0,72
8		20	18,02	0,2688	0,72
9		25	18,00	0,2664	0,71
10		30	17,82	0,2632	0,71
11	1,50	10	20,18	0,2940	0,70
12		15	19,12	0,2814	0,71
13		20	18,78	0,2770	0,71
14		25	18,68	0,2764	0,71
15		30	18,46	0,2754	0,72
16	1,75	10	21,30	0,2998	0,68
17		15	20,22	0,2978	0,71
18		20	20,12	0,2940	0,71
19		25	20,06	0,2928	0,70
20		30	19,72	0,2904	0,71
21	2,00	10	22,86	0,3104	0,66
22		15	21,80	0,3064	0,68
23		20	21,54	0,3054	0,68
24		25	21,30	0,3040	0,69
25		30	21,28	0,3038	0,69
26	2,25	15	23,64	0,3176	0,65
27		20	23,52	0,3154	0,65
28		25	23,28	0,3142	0,65
29		30	23,26	0,3086	0,64
30	-	-	24,99	0,3158	0,61

Значения энергосиловых параметров: усилия P , момента M и коэффициента плеча приложения равнодействующей при прокатке приведены в табл. 2.

В примерах 1-29 приведены исходные данные и результаты расчета при переменных значениях радиусов R_1 и R_2 , а в примере 30 - при постоянном радиусе овала, что соответствует обычной практике прокатки.

На фиг. 3 изображена зависимость усилия прокатки от параметра R_1/R_K при двух значениях параметра R_1/R_K , равных 6,25 и 7,50. Из нее видно, что при значениях $R_1 = (0,250-0,375)R_K$ функция усилия достигает минимума, поэтому такой интервал выбран для отображения в формуле заявляемого объекта. Сказанное поясняется данными табл. 3, откуда видно, что $R_1/R_K=0$ является запредельным по причине формирования острой кромки при отсутствии радиуса закругления, что приводит при прокатке к образованию дефектов типа зажима. При превышении R_1/R_K значения 0,375 происходит значимое повышение усилия прокатки, что приводит к повышенным энергетическим затратам. Таким образом, допустимый интервал изменения параметра R_1/R_K составляет 0,250-0,375 и соответственно $R_1 = (0,250-0,375)R_K$.

Таблица 3

Влияние параметра R_1 / R_k на усилие прокатки

R_1 / R_k	Усилие прокатки, кН при значениях R_2 / R_k		Примечание
	6,25	7,50	
0	-	-	Острая кромка без радиуса закругления – запредельное значение параметра
0,25	18,3	18,40	Усилие мало отличается от минимального
0,3125	18,0	17,82	Минимальное усилие прокатки
0,375	18,68	18,46	Усилие мало отличается от минимального
0,4375	20,06	19,72	Значимое повышение усилия прокатки - запредельное значение параметра
0,5	21,3	21,28	Значимое повышение усилия прокатки - запредельное значение параметра
0,5625	23,28	23,26	Значимое повышение усилия прокатки - запредельное значение параметра

В табл. 2 и на фиг. 4 показано, что минимальное усилие прокатки достигается при параметре $R_2/R_k=5,00$. При $R_2/R_k=6,25$ усилие мало отличается от минимального, поэтому его можно включить в допускаемый диапазон. При значениях $R_2/R_k < 5,00$ и $R_2/R_k > 6,25$ усилия увеличиваются, что повышает энергетические затраты, поэтому предлагаемый диапазон составляет $R_2/R_k=5,00-6,25$, соответственно $R_2=(5,00-6,25)R_k$.

В примере 30 (табл. 1) показано, что при применении заготовки, образующая которой выполнена в виде обычного овала без деления контура сечения на три зоны усилие прокатки оказывается самым большим и равно 24,99 кН против минимального из предложенных вариантов 17,82 (пример 10). Таким образом, при применении профиля овальной полосы предлагаемой конфигурации усилие прокатки может быть снижено на $100 \cdot (24,99 - 17,82) / 24,99 = 29\%$. Из расчетов видно, что коэффициент плеча приложения равнодействующей в различных вариантах изменяется в диапазоне в небольшом диапазоне 0,61-0,74, поэтому снижение момента, и в целом энергетических затрат, будет соответствовать снижению усилия, тем самым показана экономия энергетических затрат при использовании параметров заявляемого объекта.

Таблица 4

Влияние параметра R_2 / R_k на усилие прокатки при параметре $R_1 / R_k = 0,25$

R_2 / R_k	Усилие прокатки, кН	Примечание
2,50	18,84	Усилие значительно выше минимального - запредельное значение параметра
3,75	18,52	Усилие выше минимального - запредельное значение параметра
5,00	18,02	Минимальное усилие прокатки
6,25	18,30	Усилие мало отличается от минимального
7,50	18,40	Значимое повышение усилия прокатки - запредельное значение параметра

Таким образом, технический результат от применения заявляемого объекта заключается в снижении усилия прокатки и экономии энергетических затрат.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. Патент на полезную модель RU 5743. Система вытяжных калибров. МПК B21B 1/16. Оpubл. 16.01.1998. Заявитель Шатохин И.М. / Радюкевич К.Л., Кузьмин А.Л., Шатохин И.М.
2. Патент US 3683662. ROLLING METHOD FOR WIRE AND OTHER ROD-SHAPED ROLLING STOCK. DECHENE WALTER; ROTHE HERBERT; SALMEN FRITZ. Оpubл. 15.08.1972. МПК B21B 1/18.

3. Патент US 6314781. METHOD OF WIRE ROLLING AND ROLLING MILL. Nagase Tadahiо. Publ. 13.11.2001. МПК В21В 1/16; В21В 1/18; В21В 37/00.
4. Логинов Ю.Н., Инатович Ю.В., Зуев А.Ю. ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ТРЕНИЯ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ КАТАНКИ ИЗ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ МЕДИ. Производство проката. 2010. №2. С. 14-18.
5. Инатович Ю.В., Логинов Ю.Н., Постыляков А.Ю. АДАПТАЦИЯ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ПРОКАТКЕ МЕДНОЙ КАТАНКИ. Производство проката. 2014. №5. С. 16-21.
6. Патент на полезную модель RU 80362. Медная катанка. Логинов Ю.Н., Бычков С.Г., Зверев А.В., Титов А.В. Оpubл. 11.09.2008.
7. Патент RU 2490079. СИСТЕМА КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ. МПК В21В 1/02. Оpubл. 10.05.2013. Виноградов А.И., Король С.О., Траино А.И., Чопоров В.Ф. Бюл. №13.
8. А.с. СССР №791437. Предистовой двухвалковый калибр для прокатки круглой стали / Прищенко Л.Н., Гладков Г.А., Хайфец И.Л. и др. Оpubл. 23.12.1980, Бюл. №48. МПК В21В 1/00.
9. Патент РФ RU 2351411. Овальный калибр мелкосортного стана. / Антипанов В.Г., Шубин И.Г., Корнилов В.Л., Сиротюк А.П. Патентообладатель: ОАО "Магнитогорский металлургический комбинат". Заявка: 2007123096/02 от 19.06.2007. Оpubл. 10.04.2009. Бюл. №10.
10. Инатович Ю.В., Постыляков А.Ю., Логинов Ю.Н., Зуев А.Ю. ЗАТРАТЫ ЭНЕРГИИ ПРИ ПРОКАТКЕ МЕДНОЙ КАТАНКИ НА НЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЕЙНО-ПРОКАТНОМ АГРЕГАТЕ. Производство проката. 2015. №5. С. 42-45.

Формула полезной модели

Заготовка для прокатки круглого сортового профиля, имеющая в поперечном сечении контур овала, симметричного относительно ортогональных осей и образованного криволинейными образующими, состоящими из центральной, периферийной и промежуточной зон, отличающаяся тем, что центральная зона образована элементом эллипса, имеющего малую полуось

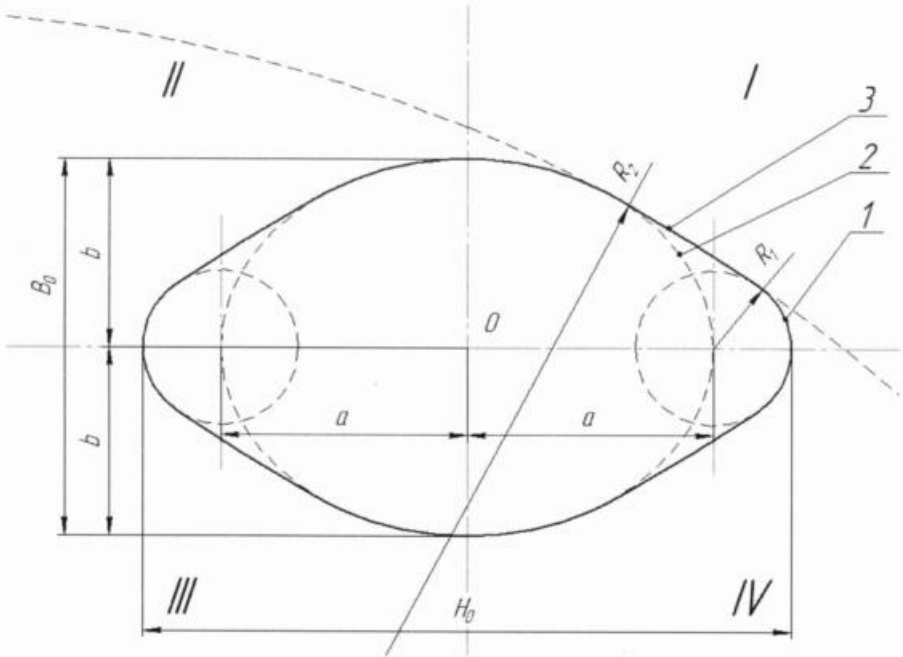
$$b = \frac{B_0}{2},$$

где B_0 - высота овала, и большую полуось

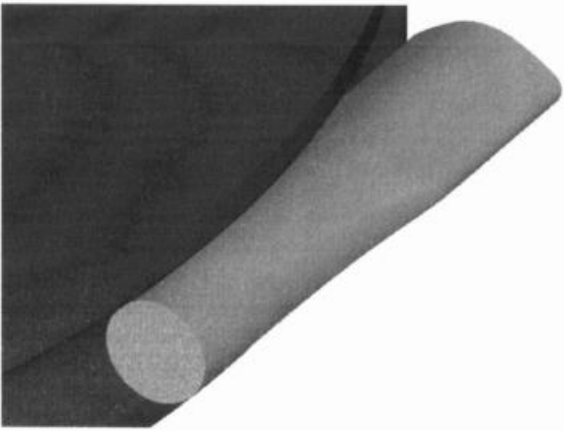
$$a = \frac{H_0}{2} - R_1,$$

где H_0 - ширина овала, $R_1 = (0,250-0,375)R_K$ - радиус дуги окружности, образующей периферийную зону, с центром кривизны, расположенным на длинной оси овала, R_K - радиус круглого сортового профиля, а промежуточная зона соединяет центральную и периферийную зоны дугой окружности радиусом $R_2 = (5,00-6,25)R_K$.

ЗАГОТОВКА ДЛЯ ПРОКАТКИ КРУГЛОГО СОРТОВОГО ПРОФИЛЯ

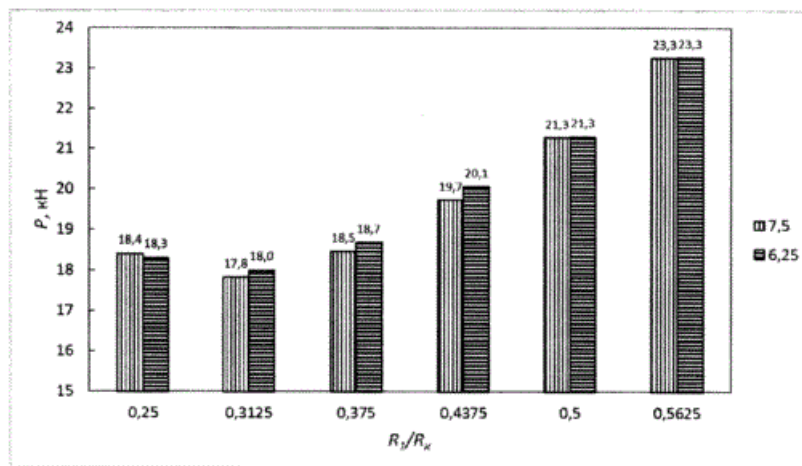


Фиг.1

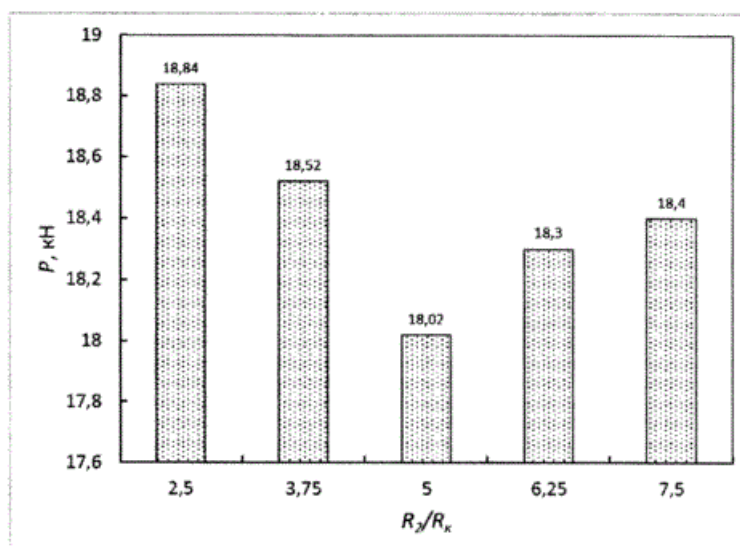


Фиг.2

ЗАГОТОВКА ДЛЯ ПРОКАТКИ КРУГЛОГО СОРТОВОГО ПРОФИЛЯ



Фиг.3



Фиг.4

ИЗВЕЩЕНИЯ

Дата прекращения действия патента: **15.06.2017**

Дата внесения записи в Государственный реестр: **19.02.2018**

Дата публикации и номер бюллетеня: **19.02.2018** Бюл. №05